

A NECESSIDADE DOS SÓLIDOS CONCEITOS FUNDAMENTAIS PARA O DESENVOLVIMENTO DAS FRONTEIRAS TECNOLÓGICAS

Terezinha Jocelen Masson – tmasson@mackenzie.com.br; fisica.upm@mackenzie.com.br
Universidade Presbiteriana Mackenzie, Departamento de Física
Rua da Consolação, 896, prédio 11, Campus Itambé
01302-907 – São Paulo – São Paulo

Leila Figueiredo de Miranda – lfmiranda@sti.com.br; engmateriais@mackenzie.com.br
Universidade Presbiteriana Mackenzie, Departamento de Engenharia de Materiais
Rua da Consolação, 896, prédio 06, Campus Itambé
01302-907 – São Paulo – São Paulo

***Resumo:** Atualmente, o desenvolvimento da Ciência e Tecnologia está direcionado para um campo de fronteira transdisciplinar, com fortes características multi e interdisciplinares exigindo estudos em escala nanométrica, que são conhecidos como a **nanociência** e a **nanotecnologia**. Traçar a evolução da nanotecnologia e da nanociência passa pela análise dos campos específicos da química, biologia, engenharia, matemática, assim como as necessidades de resposta às questões antropológicas e sociológicas que surgiram ao longo da história. Assim, para o acompanhamento do desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia, o acadêmico deverá ter uma sólida formação básica, com fortes características interdisciplinares. Sendo uma área emergente, faz-se necessário o desenvolvimento de um programa educacional eficiente e inovador para os acadêmicos e de programas de treinamento para professores e pesquisadores deste assunto, que veio para quebrar paradigmas e revolucionar o ambiente científico. A introdução de disciplinas e cursos abordando a nanociência e a nanotecnologia, o treinamento de habilidades no uso de equipamentos, o desenvolvimento de softwares e a interpretação de dados em nanoescala, o treinamento de técnicos em centros de pesquisa e na indústria para estas novas técnicas de medida, bem como a análise e a manipulação dessas medidas, são ações que devem ser tomadas com critério, mas de imediato.*

***Palavras-chave:** Nanociência e Nanotecnologia, Escala Nanométrica, Fronteiras Tecnológicas, Interdisciplinaridade, Formação Básica.*

Sub-Tema: Ciências Básicas e Engenharia.

1. INTRODUÇÃO

A velocidade do desenvolvimento científico e tecnológico dos últimos cem anos foi realmente impressionante, pois a sociedade saiu, praticamente do zero, e foi aprendendo a explorar a natureza, conhecendo suas causas e efeitos. Retrospectivamente, o século passado

foi marcado por três grandes megaprojetos. O primeiro foi o Projeto Manhattan que resultou na descoberta e utilização da energia nuclear, criação da bomba atômica. O segundo foi o Projeto Apollo que levou o homem à Lua. O terceiro e o mais recente é o Projeto Genoma Humano iniciado oficialmente em 1990, segundo Salomão (2002). Outros projetos serão desenvolvidos e os seus resultados surtirão um grande impacto na sociedade, como o desenvolvimento da nanociência e nanotecnologia.

Para alcançar e dominar as fronteiras tecnológicas, houve a necessidade do aprimoramento na troca de informações, que já vem se desenvolvendo ao longo dos milênios, começando por gestos, trocas de sinais, passando por palestras, universidades, escolas, grandes convenções, até a invenção do rádio, telégrafo, telefone, televisão, e computadores. A invenção dos satélites artificiais foi um grande salto no desenvolvimento das telecomunicações, pois com os satélites, trocas de informações se realizam com rapidez espantosa.

A nanociência e a nanotecnologia podem ser definidas como a pesquisa e desenvolvimento tecnológico nos níveis atômico, molecular e macromolecular, na escala de nanométrica, com o objetivo de proporcionar a compreensão de fenômenos dos materiais na escala nano, criar e utilizar estruturas, dispositivos e sistemas que tenham propriedades e funções únicas devido ao seu tamanho reduzido, visando a criação de novos materiais, produtos e substâncias otimizadas para o desenvolvimento de componentes inteligentes para os mais variados setores da atividade humana tais como a ciência médica, a engenharia, a informática, entre outros, conforme estudos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico Brasileiro (2001).

Tais materiais vão apresentar propriedades e comportamentos físicos, químicos e biológicos, especiais e modificados devido ao seu tamanho em escala nanométrica, que deverão ser analisados para que a sua manipulação seja plena, passível de ser controlada e eficientemente utilizada. Ou seja, é necessário o pleno domínio da estrutura da matéria para que se possa ter o domínio da interface das nanoestruturas com as macroestruturas.

Segundo Regis (1997), os comportamentos observados em nanoescala não são necessariamente previstos a partir daqueles observados em macroescala e as variações mais significativas geralmente não são causadas pela ordem de grandeza em razão da redução no tamanho, mas pelos novos fenômenos observados, intrínsecos à estrutura dos materiais que se tornam significativos em nanoescala. Estes fenômenos incluem confinamento devido ao tamanho, predominância de fenômenos de interface, como por exemplo, a relação superfície/volume, e fenômenos quânticos. Conseguindo-se o controle das características nesta escala, será passível o controle das propriedades do material.

Todos os acontecimentos nesta escala, além de acontecerem numa dimensão reduzidíssima, ocorrerem num intervalo de tempo proporcional, ou seja, quase imperceptível. São estas as dimensões da nanotecnologia que distanciam a sua compreensão quando comparadas com fenômenos físicos, analisados cotidianamente e passíveis de serem manipulados.

Estas novas formas de se conceber materiais e dispositivos anunciam uma era revolucionária para ciência e tecnologia, desde que cientistas, tecnólogos e engenheiros possam descobrir e utilizar plenamente os princípios básicos dos processos envolvidos e apesar desses desenvolvimentos ainda estarem em uma fase exploratória as possibilidades já parece ilimitadas e a nanociência e a nanotecnologia promete ser uma grande revolução tecnológica, conforme Cidade e outros (2003).

2. PERSPECTIVAS PARA A NANOCIÊNCIA E A NANOTECNOLOGIA

As mudanças nas propriedades moleculares de um material em nanoescala podem realçar fortemente as suas propriedades físicas e químicas, cujos pormenores ainda estão sendo pesquisados, assim como ainda não se domina a forma que ocorrerá a relação entre as propriedades dos materiais nas escalas nano e macro.

O próximo desafio consiste em aumentar proporcionalmente os métodos do nanofabrico para a produção em massa pela indústria, ou seja, os processos de fabricação. A investigação fundamental é agora essencial para explorar todo o potencial da nanotecnologia, que pode ser:

↳ Úmida: Para aplicações em sistemas biológicos que existem num ambiente "aquoso", como por exemplo, material genético, membranas, enzimas e outros componentes celulares. São organizações moleculares cujas formas e funções são controladas por interações numa escala nanométrica.

↳ Seca: Para aplicações em nanoestruturas compostas por elementos inorgânicos, existentes num ambiente "seco". Este tipo de tecnologia permite a fabricação de estruturas de carbono como os nanotubos, metais, semicondutores, dispositivos ópticos, entre outros.

↳ Híbrida: Para aplicações em sistemas combinados por elementos úmidos e secos que se harmonizam e permitem o controle estrutural das nanoestruturas. A nanotecnologia híbrida permite conjugar microcircuitos semicondutores e moléculas biológicas semelhante ao que acontece hoje em dia com os monitores dos computadores portáteis baseados em cristais líquidos.

A nanotecnologia é verdadeiramente multidisciplinar. Os cientistas de materiais, os engenheiros, e os investigadores médicos deverão trabalhar em conjunto com biólogos, físicos e químicos. A união da investigação com relação a nanoescala deve-se à necessidade de partilhar o conhecimento sobre ferramentas e técnicas, assim como sobre conhecimentos periciais em matéria de interações atômicas e moleculares nesta nova fronteira científica.

Atualmente, destacam-se três setores essenciais, com pesquisas que se sobrepõem e se destacam, e que para tanto analisa e desenvolve instrumentos de manipulação e de medições com resolução em nanoescala, os quais sejam:

↳ Nanoeletrônica: que objetiva prosseguir o desenvolvimento em microeletrônica, especialmente para computadores em nanoescala.

↳ Nanobiotecnologia: que objetiva combinar a nanoengenharia com a biologia para manipular sistemas vivos ou construir materiais biologicamente inspirados a nível molecular.

↳ Nanomateriais: que objetiva controlar com precisão a morfologia e as propriedades das substâncias ou partículas em nanodimensão, para a produzir materiais nanoestruturados.

Logo, as diferentes áreas investigativas de novos conceitos e capacidades necessitam de uma real convergência dada à multiplicidade conceitual envolvida, tais como a representação por imagens e a manipulação à escala atômica, a automontagem e as relações biológicas estrutura-função, entre outras, a partir de ferramentas informáticas cada vez mais potentes, que também devem ser desenvolvidas especificamente para atender as várias solicitações.

As contribuições da química, durante o século XIX, na explicação quantitativa das reações químicas, e da física, no final do século XIX, com a formulação da teoria "estatística" da matéria, analisando o comportamento dos materiais a partir dos átomos e moléculas fortemente ligados entre si, formando novas entidades, com propriedades físico-químicas distintas, começaram a contribuir significativamente para o desenvolvimento da nanociência e nanotecnologia.

Como as dimensões dos átomos são ínfimas, devem obedecer a leis físico-químicas bastante diferentes daquelas observadas macroscopicamente. Para tanto, houve a necessidade do desenvolvimento de equipamentos especiais para análises atômicas, tal como o microscópio de tunelamento, concebido na década de 1980, pelos cientistas Heinrich Rohrer e Gerd Binnig, nos laboratórios da IBM em Zürich na Suíça. Por esta invenção tão importante, foram detentores do prêmio Nobel.

O funcionamento desse microscópio depende das leis da mecânica quântica, que governam o comportamento dos átomos e moléculas. Portanto, a existência de átomos e as leis da natureza no mundo atômico tiveram de ser pacientemente descobertas a partir de experimentos especialmente concebidos. Este processo levou décadas e envolveu grandes cientistas.

A análise do comportamento de materiais na escala nanométrica desafia até mesmo cientistas que cotidianamente trabalham com átomos, e precisam de toda sua imaginação e muita prática para se familiarizar com quantidades tão pequenas de acordo com Drexler (1992).

O desenvolvimento de estruturas em nanoescala conduz a materiais com propriedades únicas como nanotubos de carbono, fios e pontos quânticos, filmes finos, estruturas baseadas em DNA, nanodispositivos para liberação controlada de drogas, entre outros.

A nanociência e a nanotecnologia como a pesquisa e desenvolvimento tecnológico ao nível atômico, molecular e macromolecular, tem como objetivo proporcionar a compreensão

dos fenômenos que ocorrem em materiais na escala nano, criar e utilizar estruturas, dispositivos e sistemas que tenham propriedades e funções únicas devido ao seu tamanho reduzido.

Tais objetivos poderão ser alcançados, desde o seu aspecto científico até o seu desenvolvimento tecnológico, com a utilização da sólida base científica das ciências físicas, químicas, biológicas e ciências computacionais para o desenvolvimento das várias etapas, tais como: a) a síntetização dos nanomateriais que necessita de aplicação tecnológica viável, que forneça condições de reproduzir o processo com alta precisão; b) a caracterização e análise dos nanomateriais, ou seja, o conhecimento preciso das propriedades intrínsecas dos nanomateriais, como composição, estrutura, morfologia, necessita de pesquisas para gerar materiais com propriedades pré-estabelecidas; c) A manipulação de nanoobjetos, que é essencial para a formação de estruturas e sistemas que possam integrar-se para realizar funções complexas e também se integrar com o mundo macroscópico, com o qual pode-se operar diretamente e com grande desenvolvimento atual.

O programa de nanociência e nanotecnologia que exige uma equipe de pesquisadores atuando nas fronteiras tecnológicas, mantendo técnicas avançadas e essenciais, disponíveis para a toda a comunidade científica e tecnológica, permitindo a caracterização detalhada a nível atômico (estrutura, composição química, morfologia, arranjo e organização) dos nanoobjetos, vai necessitar ainda mais de novos estudiosos com sólida formação básica na sua área de conhecimento e nas interfaces do saber, com capacidade para trabalhar em equipe inter e multidisciplinar.

3. O IMPACTO DA NANOTECNOLOGIA E DA NANOCIÊNCIA NA EDUCAÇÃO

A rapidez com que a ciência e a tecnologia são transformadas e transformam o mundo atual, bem como o cenário político, econômico e social, envolvidos nesta dinâmica, apresentam desafios constantes para as Instituições que trabalham com o ensino de ciências, dada as dimensões deste cenário e a sua relação com um projeto social, do qual o currículo se constitui numa de suas principais peças.

O pleno entendimento da engenharia molecular evidenciado pela nanociência e nanotecnologia requer o estudo em vários campos do conhecimento, tais como: física, química, biologia molecular e ciências computacionais, pois falar num nanômetro é semelhante a falar em infinito - pelo menos em nível de abstração do pensamento. Mas o mais incrível é que a mente humana não só descobriu esta escala, mas também projetou máquinas e componentes que não podem ser vistos a olho nu.

As Universidades devem fornecer condições aos acadêmicos, de se inserirem no desenvolvimento das fronteiras tecnológicas, acompanhando a mudança de paradigmas. Assim sendo, a formação de material humano na área de ciências exatas, para se inserir imediatamente nesta nova dimensão da realidade, deve estar voltada à formação do indivíduo como um todo.

Logo os sólidos conceitos científicos fundamentais, bem como a sua quantificação e qualificação, abordados em profundidade e utilizando tecnologias educacionais informatizadas e atualizadas, com abrangência capaz de suprir as necessidades do acadêmico, conduzem a um modelo de interação científica, *que deve ser objeto permanente de discussões, debates e reflexões.*

Tais análises, necessariamente passam necessariamente pelas grades curriculares e, atualmente, é absolutamente necessário estudos de como a nanociência e a nanotecnologia poderá vir a transformar conteúdos curriculares.

O elenco das disciplinas de formação básica bem como os seus conteúdos são elementos agregadores da mesma área que darão condições para a obtenção de um padrão mínimo de exigências adquirindo a capacidade de utilização das tecnologias já existentes, mas também deve ser capaz de absorver, criar e desenvolver novas tecnologias, assim como os requisitos para nanociência e nanotecnologia.

Para alcançar esses objetivos, enormes desafios deverão ser enfrentados e alguns paradigmas dentro das ciências básicas, rompidos. O tripé das ciências Físicas, Matemáticas,

Biológicas e Químicas com forte ligação às áreas aplicadas, e que também devem ser avaliadas também em um universo submicroscópico, onde a inter e a multidisciplinaridade se fazem imperativas, como no caso de alguns dispositivos moleculares físico-químicos já desenvolvidos, vai se constituir no elemento facilitador para que os alunos alcancem o desenvolvimento e o avanço necessários às rápidas transformações do cenário científico-tecnológico, capacitando-os à aquisição de competências e habilidades.

Como a nanociência e a nanotecnologia é a habilidade de criar grandes estruturas com organização fundamentalmente molecular, está levando ao entendimento e controle sem precedentes de propriedades fundamentais da matéria, e estes conceitos devem ser inseridos nas disciplinas do Curso.

Assim currículos com conteúdos e estruturas deficientes em determinados campos, tanto da formação básica quanto da profissional, não conduzem efetivamente a uma mudança plena sobre a visão da Ciência e da Tecnologia e as suas interações com a Sociedade.

Dessa forma, o papel da formação é fundamental e deve ser constantemente analisado, pois de acordo com Cunha (2001) a importância do conhecimento para o desenvolvimento não é uma novidade na história da humanidade e se constitui numa variável de destaque para o desenvolvimento econômico e tecnológico resultantes de um esforço contínuo de educação com elevados padrões de excelência.

Essa compreensão será modificada ao longo da vida do acadêmico, passando por diferentes teorias e por níveis mais abstratos de explicação. A passagem de um nível de abstração a outro pode ser facilitada pela discussão do processo de aprendizado em si, segundo Piaget (1995).

Levando-se em consideração que para o profissional deste milênio, não haverá trabalho para profissionais não qualificados e muito menos para profissionais apenas adestrado para exercer determinada função, que não sejam capacitados para atuar em projetos complexos, quer seja quanto ao desenvolvimento ou à criação de novas técnicas, que seja na capacidade para aprender, entre outros, principalmente naquelas envolvendo nanociência que é baseada em conceitos de estrutura da matéria.

É uma tarefa gigantesca. Segundo Richard Feynmann (1960) a natureza é tão perfeita que deveria ser copiada assim como imitada, pois os organismos vivos possuem milhares de moléculas de tamanhos reduzidíssimos que trabalham estruturalmente como máquinas perfeitas.

As contribuições da química, durante o século XIX, na explicação quantitativa das reações químicas, e da física, no final do século XIX, com a formulação da teoria "estatística" da matéria, analisando o comportamento dos materiais a partir dos átomos e moléculas fortemente ligados entre si, formando novas entidades, com propriedades físico-químicas distintas, começaram a contribuir significativamente para o desenvolvimento da nanociência e nanotecnologia.

Entretanto a nanotecnologia não deve ser encarada apenas como a miniaturização dos materiais, pois os comportamentos observados em nanoescala não são necessariamente previstos a partir daqueles observados em macroescala e as variações mais significativas geralmente não são causadas pela apenas ordem de grandeza em razão da redução no tamanho, mas pelos novos fenômenos observados, intrínsecos aos materiais ou dominantes em nanoescala. Conseguindo-se o controle das características de tamanho, será passível o controle das propriedades do material, conforme Silva Jr. (2002).

De acordo com as Diretrizes Curriculares, todas as áreas do saber devem ser sólidas, para que os acadêmicos tenham condições de acompanhar um desenvolvimento tecnológico de ponta, com um projeto didático pedagógico, salientando as competências e as habilidades desejadas, tais como aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais nas ciências; projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados; identificar, formular e resolver problemas específicos; comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica; atuar em equipes multidisciplinares; avaliar o impacto dessa atividade no contexto social e ambiental.

Essas considerações conduzem o ensino universitário a uma linha de formação polivalente, num ensino por competências, porém com sólida formação básica, com um conhecimento tecnológico adaptável às rápidas transformações impostas pelas fronteiras

tecnológicas onde não são admitidos enganos. Tais fronteiras necessitam de soluções corretas, rápidas, seguras, criativas e economicamente viáveis.

As soluções passam necessariamente pela descrição matemática precisa do problema, por sua análise físico-química e pela criação de modelos, resultado das habilidades adquiridas pelos alunos, principalmente nas disciplinas básicas, que serão aplicadas nas suas diferentes peculiaridades, resultando em criatividade, no aumento de produtividade, na melhoria na qualidade dos produtos, na redução dos custos, na eliminação de desperdícios, de modo a torná-los agentes modificadores não só do mercado como da sociedade.

4. PROPOSTA

Em ciências exatas nada é descartável. Tudo é fundamental, mas não é suficiente. Mas a construção desses conceitos deve ser encarada como uma imensa pirâmide cuja altura tende ao infinito. Tudo é importante, desde a sólida base teórica quanto ao conhecimento e ao entendimento das propriedades fundamentais da matéria até às disciplinas experimentais.

Nesta nova área emergente, N&N, O tripé das ciências Físicas, Matemáticas e Químicas com forte ligação às áreas aplicadas, constitui-se no elemento facilitador para que os alunos alcancem o desenvolvimento e o avanço necessários às rápidas transformações do cenário científico-tecnológico, capacitando-os à aquisição de competências e habilidades.

Entretanto, ao longo do curso, disciplinas teóricas com embasamento experimental, tais como a Metrologia, Ciência dos Materiais, Ciências Moleculares, Métodos Computacionais Aplicados, Simulação de processos, Métodos de Cálculo Aplicado, Resolução de Problemas, Modelagem Matemática de Processos Físico-Químicos, Física de Partículas, entre outras, devem se adequar aos currículos que já estão implementados.

Segundo Giorgetti (2001), o ensino, entretanto deve ser direcionado para a interdisciplinariedade com a finalidade de possibilitar uma melhor estruturação dos conceitos e, levando-se em consideração que programas definidos com metodologias compartilhadas por várias disciplinas facilitam o desenvolvimento das habilidades, atitudes e valores que ajudarão o aluno a incorporar-se efetivamente à sociedade em geral e ao mundo do trabalho em especial. Se essa interdisciplinaridade consegue se firmar logo nas etapas iniciais do curso, a aprendizagem fluirá naturalmente^[11].

Como N&N é uma mudança de paradigmas, os programas de pós-graduação devem priorizar projetos de pesquisa com características multidisciplinares, que justifiquem o tratamento excepcional que será dado a estes altos investimentos, com equipamentos e inclusive bolsas de estudo destinados a doutorandos, para que a nanociência e a nanotecnologia, possam ser difundidas.

Estes avanços tecnológicos disponibilizam os meios de que necessita a nanotecnologia para progredir e os investigadores para expandirem os seus conhecimentos técnicos a novos domínios de aplicação. A educação e a formação em nanotecnologia devem ser apoiadas pela Comissão constituída de por sistema de Redes de Formação para a Investigação. Nesta tarefa estão envolvidas novas tecnologias híbridas, que combinam nanotecnologias, ciências dos materiais, engenharia, tecnologias da informação, biotecnologia e ciência do ambiente. Esta evolução necessita destas redes multidisciplinares em muitos domínios de investigação, assim como uma franca colaboração através das fronteiras científicas tradicionais entre os investigadores de nanotecnologia da União Européia e do resto do mundo.

Paralelamente, as Universidades devem proporcionar condições para que os profissionais envolvidos com o Ensino possam se reciclar, continuamente, por meio de cursos de atualização profissional, e assim tenham condições de abordar os assuntos mais relevantes desse novíssimo campo científico, inserido-os nos conteúdos que desenvolvem em suas disciplinas, com amplo domínio do assunto, com condições de enfatizar a real importância e necessidade dessa nova área e quais serão as mudanças decorrentes dessa grande revolução tecnológica com a N&N.

Além disso, as Universidades também devem disponibilizar cursos sobre nanociência e nanotecnologia, caracterizando o ensino continuado, cujo público alvo, seria preferencialmente os acadêmicos que já tenham uma graduação.

Somente com a adoção de uma filosofia de educação permanente será assegurada a existência de profissionais polivalentes, multifuncionais, com capacidade de domínio das inovações, tão exigidos pelo mercado de trabalho.

5. CONCLUSÃO

A conceituação básica necessária ao exercício de uma profissão é imutável, mas a forma como as competências e habilidades são desenvolvidas e definidas dentro do contexto institucional podem e devem se alterar em função das necessidades técnicas e sociais.

A formação acadêmica não pode ser uma mera seqüência de disciplinas, mas um poderoso instrumento institucional como o Plano Didático-Pedagógico, que possa direcionar o acadêmico para o binômio saber – fazer, sinalizando as características importantes para que o profissional possa se inserir no mundo produtivo, mantendo-se atualizado e contribuindo, efetivamente, para o desenvolvimento da tecnologia e o exercício da técnica.

A rapidez da evolução tecnológica fornece um caráter de rápida obsolescência às informações técnicas, carecendo de cursos de atualização, para tornar o Profissional do Século XXI, competente e eficaz, capacitado a vencer os desafios profissionais, tanto nacionais quanto internacionais, e incentivando-o a uma busca de maiores conhecimentos e técnicas por meio do ensino continuado, obtendo uma plena satisfação dos seus ideais, pois durante este século, a revolução tecnológica denominada por nanociência e nanotecnologia surgirá como uma emergente indústria dominadora da economia e transformadora da nossa concepção do mundo.

Assim, a introdução de disciplinas e cursos em nanociência e nanotecnologia, treinamento de habilidades no uso de equipamento, desenvolvimento de softwares e interpretação de dados em nanoescala, só terá pleno êxito a partir de uma sólida formação básica científica, para que os acadêmicos tenham condições de acompanhar, entender, aprender e criar novas tecnologias, e aplicar tais conceitos com a finalidade da melhoria da qualidade de vida da sociedade, tornando o mundo mais eficiente.

Por outro lado, a detecção dessa tecnologia pelos acadêmicos, é absolutamente necessária para que a sua utilização seja otimizada e não traga efeitos nocivos à sociedade, além de potencializar o desenvolvimento de produtos que combatam os efeitos nocivos da aplicação desta mesma tecnologia quando aplicada para o desenvolvimento de produtos nocivos, como, por exemplo, no desenvolvimento de armas de destruição, como as armas biológicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CIDADE, G. A. G., COSTA, L. T., WEISSMÜLLER, G., SILVA NETO, A. J., ROBERTY, N. C., MORAES, M. B., PRAZERES, G. M. P., HILL, C. E. M., RIBEIRO, S. J. M., SOUZA, G. G. B., TEIXEIRA, L. S. P., MONÇORES, M. C. E BISCH, P. M., **Atomic Force Microscopy as a Tool for Biomedical and Biotechnological Studies**, Artificial Organs, Vol. 27, No. 5, pp. 447-451, 2003.

CUNHA, F. M.; BORGES, M. N.; **Currículo para Cursos de Engenharia: o Texto e o Contexto de sua Construção**, Revista de Ensino de Engenharia – Abenge, volume 20, número 2, Brasília – DF, dezembro/2001.

DREXLER, K. E., **Nanosystems: maquinaria molecular, manufacturing, e computação**. Wiley Interscience, 1992.

FEYNMAN, R., **There's plenty of room at the bottom**, Palestra apresentada na Reunião Anual da American Physical Society em 29/12/1959. Revista Engineering and Science do CalTech, 1960.

GIORGETTI, M. F., **Simulação Matemática de Problemas de Engenharia: Sobre a Arte da Formulação de Modelos Matemáticos**, Revista de Ensino de Engenharia, Brasília-DF, Brasil, dezembro/2001.

GOMES, A. M. A., LEMBO, C.; SOUZA NETO, J. C.; BRITO, J. A. P.; SALOMÃO, L. C.; LIBERAL, M. M. C.; CAGGIANO, M. H. S.; HACK, O. H.; SILVA, P. F.; GOUVÊA, R. Q.; **Um olhar sobre ética & Cidadania**, Coleção Reflexão Acadêmica, EdMackenzie, São Paulo, 2002.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, **Programa Nacional de P&D em Nanociências e Nanotecnologias – Plano de Implementação, 2001-2005**, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico Brasileiro, Brasil, abril/2001.

Ministério da Educação, Secretaria da Educação Superior do Brasil. **Diretrizes Curriculares**, Brasil, 25/03/2001.

PIAGET, J., **Abstração Relexionante**, Editora Artes Médicas, Porto Alegre, 1995.

REGIS, E., **Nano: A ciência da nanotecnologia refazendo o mundo – molécula por molécula**, EdRocco, Rio de Janeiro, 1997.

SILVA JR. E. F, Rede Cooperativa para Pesquisas em Nanodispositivos Semicondutores e Materiais Nanoestruturados, Departamento de Física, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), home page: www.semicondutores.ufpe.br , Pernambuco – Brasil, 2002.

ABSTRACT

The study of Science and Technology in nanométrica scale it composes a border field currently to transdisciplinar, with characteristic forts multi and interdisciplinares, known as nanociência and nanotecnologia. To trace the evolution of the nanotecnologia and the nanociência passes for the analysis of the specific fields of chemistry, biology, engineering, mathematics, as well as the necessities of reply to the antropológicas and sociological questions that had appeared to the long one of history. Thus, for the accompaniment of the development of the Nanociência and Nanotecnologia, the academic must have a solid basic formation, with characteristic forts interdisciplinares. Being an emergent area if he makes necessary the development of an efficient and innovative educational program for the academics and of programs of training for professors and researchers of this subject, that came to break paradigms and to revolutionize the scientific environment. The introduction of you discipline and courses approaching the nanociência and the nanotecnologia, the training of abilities in the equipment use, the development of softwares and the interpretation of data in nanoescala, the training of technician in research centers and in the industry for these new techniques of measure, as well as the analysis and the manipulation of these measures, they are actions that must be taken with criterion, but immediately.

Key-words: Nanociência and Nanotecnologia, Scale Technological Nanométrica, Borders, Interdisciplinaridade, Basic Formation.

Sub-Tema: Basic sciences and Engineering.